

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, mulai dari tahap perancangan, implementasi, hingga pengujian sistem *e-voting* dengan integrasi *blockchain* untuk pemilihan presiden BEM di Universitas Putra Bangsa, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

Pertama, sistem *e-voting* berbasis *web* untuk pemilihan presiden BEM di Universitas Putra Bangsa telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan mengintegrasikan *smart contract* sebagai komponen inti pencatatan suara. Perancangan sistem dilakukan menggunakan pemodelan *Unified Modeling Language* (UML) yang meliputi *use case diagram*, *activity diagram*, *sequence diagram*, dan *data flow diagram*. Kemudian diimplementasikan ke dalam bentuk kode program menggunakan teknologi Next.js untuk *frontend* dan Solidity untuk *smart contract*. Lalu Hardhat untuk jaringan *blockchain* lokal, ether.js untuk komunikasi dengan *blockchain*, serta PostgreSQL sebagai basis data *off-chain*.

Kedua, teknologi *blockchain* terbukti berperan secara signifikan dalam mengatasi permasalahan keamanan, transparansi, serta potensi kecurangan dan manipulasi data pada sistem *e-voting*. Hal ini dibuktikan melalui beberapa mekanisme yang diimplementasikan dalam *smart contract* seperti pencatatan setiap suara sebagai transaksi di *blockchain* yang bersifat *immutable* sehingga tidak dapat diubah atau dihapus oleh siapa pun. Selain

itu, setiap pemilih mendapatkan *hash* transaksi unik sebagai bukti bahwa suaranya telah tercatat yang memungkinkan pemilih untuk memverifikasi sendiri keabsahan suaranya di *blockchain*.

Ketiga, hasil pengujian secara keseluruhan menunjukkan bahwa sistem *e-voting* berbasis *web* yang dikembangkan telah berfungsi dengan baik dan memenuhi seluruh kebutuhan yang telah ditetapkan. Pengujian *black-box* yang mencakup 34 skenario pada enam modul utama menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem berjalan sesuai harapan, baik pada kondisi normal maupun kondisi abnormal. Pengujian unit dengan *Hardhat* yang mencakup 10 *unit testing* berhasil mencapai tingkat keberhasilan 100% dengan cakupan kode di atas 90%, menandakan bahwa seluruh fungsi dalam *smart contract* telah berjalan sesuai yang diharapkan. Lalu *fuzz testing* dengan *echidna* berhasil membuktikan ketahanan dari *smart contract* terhadap serangan ekstrem dari ribuan transaksi secara acak berkecepatan tinggi.

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem ini masih bersifat sebagai *Proof-of-Concept* (PoC) yang diuji dan dijalankan dalam lingkungan simulasi dan lokal, khususnya pada jaringan *blockchain Hardhat* berbasis *Ethereum Virtual Machine* (EVM). Status ini berarti sistem belum diimplementasikan pada jaringan publik seperti *Ethereum mainnet* atau *testnet*. Sistem juga belum melalui proses *deployment* serta penerimaan pengguna secara menyeluruh dalam skenario pemilu yang sesungguhnya

Meskipun begitu, penelitian ini telah berhasil membangun sistem *e-voting* sekaligus memberikan bukti empiris yang kuat dalam menguji

ketahanan serta keamanan *sistem* secara mendalam dan sistematis. Jadi, walaupun sistem masih bersifat PoC, hasil pengujian yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem ini telah dirancang sedemikian rupa untuk mensimulasikan kondisi dunia nyata seakurat mungkin. Berdasarkan keseluruhan tersebut, sistem yang dikembangkan bisa menjadi solusi potensial untuk meningkatkan kepercayaan dan efisiensi pada pemilihan presiden BEM Universitas Putra Bangsa yang sesungguhnya

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan, berikut adalah beberapa saran yang dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pengembangan lebih lanjut.

5.2.1 Saran Praktis

Pertama, untuk meningkatkan validitas pengujian dan kesiapan sistem menuju implementasi nyata penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji coba sistem pada jaringan *blockchain* publik seperti *Base Sepolia* atau *Base Layer 2* guna mengevaluasi kinerja sistem pada kondisi dunia nyata yang melibatkan latensi jaringan dan biaya gas yang fluktuatif.

Kedua, integrasi dengan API SIM kampus yang sesungguhnya perlu dilakukan agar data pemilih selalu mutakhir dan proses autentikasi berjalan lebih aman dan terpercaya, menggantikan SIM tiruan di *localhost* yang digunakan dalam penelitian ini.

Ketiga, sebelum sistem benar-benar diimplementasikan pada pemilihan presiden BEM yang sesungguhnya, sangat disarankan untuk melakukan pengujian *acceptance* (UAT) atau *Usability* yang melibatkan mahasiswa sebagai pemilih dan panitia pemilu sebagai admin untuk mengukur tingkat kepuasan dan kemudahan penggunaan sistem.

Keempat, untuk mempersiapkan sistem digunakan dalam skala yang lebih luas, perlu ditambahkan fitur-fitur pendukung. Antara lain seperti mekanisme pengaduan pasca-pemilihan untuk menangani keberatan hasil, serta sistem informasi manajemen pemilu yang terintegrasi untuk mendokumentasikan seluruh tahapan pemilu secara lengkap.

5.2.2 Saran Akademis

Pertama, bagi peneliti selanjutnya yang tertarik mengembangkan topik dan keterbaruan serupa, disarankan untuk melakukan studi perbandingan antara sistem *e-voting* integrasi *blockchain* dengan sistem *e-voting* konvensional untuk mengukur secara kuantitatif peningkatan efisiensi, keamanan, dan tingkat kepercayaan pengguna yang dihasilkan oleh penerapan teknologi *blockchain*.

Kedua, penelitian lebih lanjut dapat mengeksplorasi arsitektur *e-voting* yang sepenuhnya *on-chain* untuk mengetahui dampaknya terhadap transparansi dan keamanan secara menyeluruh. Lalu

membandingkan biaya operasional yang dikeluarkan antara arsitektur *hybrid* dengan *fully on-chain*.

Ketiga, penelitian selanjutnya juga dapat mengembangkan sistem *e-voting* berbasis *blockchain* yang menggunakan mekanisme *zero-knowledge proof* seperti *zk-STARKs* atau *zk-SNARKs*. Meskipun hal tersebut nanti dapat merubah fokus proyek menjadi penelitian kriptografi tingkat lanjut. Sebab penelitian tersebut membutuhkan pemahaman matematika kuantum tingkat tinggi karena kompleksitasnya yang sangat signifikan.

